ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 23431— 2023

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА В АВТОДОРОЖНОМ ТУННЕЛЕ

(ISO 23431:2021, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Акционерным обществом «Научно-исследовательский институт охраны атмосферного воздуха» (АО «НИИ Атмосфера») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 457 «Качество воздуха»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 августа 2023 г. № 753-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 23431:2021 «Определение качества воздуха в автодорожном туннеле» (ISO 23431:2021 «Measurement of road tunnel air quality», IDT).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные и межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© ISO, 2021
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Определение скорости и направления потока воздуха 3
5 Определение оксида углерода, оксида азота и диоксида азота 8
6 Определение видимости 17
7 Обеспечение и контроль качества 23
8 Протокол проверок 25
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным и межгосударственным стандартам 26
Библиография 27

Введение

Настоящий стандарт содержит методики проверки и калибровки оборудования, используемого в автодорожных туннелях для непрерывного мониторинга скорости потока воздуха, концентрации монооксида углерода (CO), оксида азота (NO), диоксида азота (NO_2) и видимости.

Данные, полученные при непрерывном мониторинге, позволяют операторам автодорожных туннелей управлять системой вентиляции в режиме реального времени или принимать экстренные меры (например, перекрывать движение транспорта).

Настоящий стандарт учитывает эксплуатационные характеристики используемого оборудования для прямого считывания. Утверждения, выраженные в обязательных терминах в примечаниях к таблицам и рисункам, следует считать требованиями настоящего стандарта.

Автодорожные туннели используют с целью улучшения транспортного потока в центральных деловых районах. На настоящий момент в эксплуатации находится большое количество туннелей, а на стадии планирования — ряд других.

Проекты автодорожных туннелей при планировании подлежат утверждению регулирующими органами в отношении охраны окружающей среды, при этом приводят параметры, подлежащие мониторингу в туннеле, как правило, включая скорость потока воздуха, концентрацию CO, NO, NO_2 и видимость, при этом NO измеряют как аналог NO_2, при том что ранее считали, что 10 % от общего количества оксидов азота составляет NO_2. Однако это предположение больше не соответствует действительности в связи с увеличением доли автомобилей, работающих на дизельном топливе. Система вентиляции туннеля должна контролировать параметры таким образом, чтобы:

a) снижать концентрации CO и NO_2 в воздухе туннеля в целях обеспечения соответствия критериям качества воздуха для различных периодов усреднения;

b) предотвращать или сокращать выбросы в атмосферу и связанные с этим воздействия на окружающую среду;

c) обеспечивать надлежащую видимость в различных условиях эксплуатации туннеля;

d) контролировать задымление и повышать время для самостоятельной эвакуации и безопасности пользователей туннелей в чрезвычайных ситуациях, например при пожарах.

Соответствие критериям качества воздуха в туннеле обычно определяют путем усреднения измеренных массовых концентраций CO и измеренных или расчетных массовых концентраций NO_2 с помощью ряда приборов, расположенных на возможных путях движения по всей системе туннелей.

Количество приборов, необходимых для оценки характеристик внутреннего пространства туннеля, зависит от ряда факторов, в том числе:

a) от длины туннеля и количества поворотов и уклонов, а также пандусов для въезда и выезда;

b) интенсивности движения и типа транспортных средств;

c) расхода и режима регулирования системы вытяжной вентиляции;

d) нормативных требований.

Однако в настоящем стандарте данный аспект не рассматривается. Следует отметить, что в качестве инструмента проектирования для оказания помощи в размещении приборов может использоваться математическое моделирование гидродинамики, обеспечивая измерение ориентировочных максимальных и средних массовых концентраций.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА В АВТОДОРОЖНОМ ТУННЕЛЕ

Measurement of road tunnel air quality

Дата введения — 2024—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методы определения скорости и направления потока воздуха, массовой концентрации CO, NO и NO_2 и видимости в автодорожных туннелях с использованием приборов прямого действия. Стандарт не устанавливает требования, относящиеся к проверке соответствия приборов.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты [для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения)]:

ISO 5802, Industrial fans — Performance testing in situ (Промышленные вентиляторы. Испытание рабочих характеристик на месте)

ISO 6145, Gas analysis — Preparation of calibration gas mixtures using dynamic methods (Газовый анализ. Приготовление калибровочных газовых смесей с использованием динамических методов)

ISO 10780, Stationary source emissions — Measurement of velocity and volume flowrate of gas streams in ducts (Выбросы стационарных источников. Измерение скорости и объемного расхода газовых потоков в каналах)

ISO/IEC Guide 98-3, Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995) (Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения (GUM: 1995))

ISO/IEC 17025, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

ИСО и МЭК ведут терминологические базы данных для использования в стандартизации по следующим адресам:

- платформа онлайн-просмотра ИСО: доступна на gost.e-ecolog.ru ;
- Электропедия МЭК: доступна на gost.e-ecolog.ru .

3.1 **калибровка (средств измерений)** (calibration): Совокупность операций, устанавливающих соотношение между значением величины, полученным с помощью данного средства измерений, и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона с целью определения метрологических характеристик этого средства измерений.

Издание официальное

3.2 **сертифицированный стандартный образец** (certified reference material): Стандартный образец с сопроводительной документацией, выданной авторитетным органом, в которой указано одно или более значений определенного свойства с соответствующими показателями точности (неопределенностями) измерений и прослеживаемостью, которые установлены с использованием обоснованных процедур.

3.3 **проверка** (check): Подтверждение приемлемого отклика прибора без регулировки.

3.4 **время спада** (fall time): Время изменения показаний прибора от 90 % до 10 % окончательного отклика прибора.

3.5 **предел измерений;** ПИ (full scale, FS): Номинальная максимальная концентрация, для которой был откалиброван прибор.

Примечание 1 — Предел измерений (ПИ) выбирается для покрытия всего диапазона значений, ожидаемых в процессе отбора проб.

3.6 **мешающее влияние** (interference equivalent): Отрицательное или положительное влияние на отклик измерительной системы.

3.7 **линейность** (linearity): Максимальное отклонение полученного значения массовой концентрации от линейного градуировочного графика.

3.8 **нижний предел обнаружения** (lower detectable limit): Минимальная концентрация загрязняющего вещества, равная утроенному значению стандартного отклонения сигнала фона.

Примечание 1 — См. ИСО 5725-1.

3.9 **параметр** (parameter): Одна из характеристик, относящаяся к пробе воздуха.

Пример — Это может быть концентрация загрязняющего вещества или другое измеряемое свойство (например, скорость воздуха).

3.10 **миллионная доля;** млн$^{-1}$ (parts per million, ppm): Единица измерения, выражающая объем газообразного загрязняющего вещества, содержащегося в $1 \cdot 10^6$ объема воздуха.

Примечание 1 — Миллионная доля может быть выражена в миллиметрах на кубический метр. В качестве альтернативы, значение в миллион раз больше отношения парциального давления газообразного загрязняющего вещества к давлению атмосферы, в которой он содержится.

3.11 **прецизионность (измерений)** (precision): Близость между показаниями или измеренными значениями величины, полученными при повторных измерениях для одного и того же или аналогичных объектов при заданных условиях.

3.12 **диапазон** (range): Интервал значений массовой концентрации, определяемый конкретным методом.

Примечание 1 — Номинальный диапазон определяется нижним и верхним значением в единицах концентрации, например от 0 до 250 млн$^{-1}$.

3.13 **эталонный воздух для испытания** (reference test atmosphere): Воздух для испытания, содержащий известную концентрацию загрязняющего вещества, получаемый путем разбавления *сертифицированного стандартного образца* (3.2).

3.14 **время нарастания** (rise time): Время изменения показаний прибора от 10 % до 90 % окончательного отклика прибора.

3.15 **автодорожный туннель** (road tunnel): Любой полностью закрытый участок проезжей части с минимальной длиной от 90 до 150 м.

3.16 **дрейф контрольных показаний** (span drift): Процентное изменение отклика прибора на концентрацию загрязняющего вещества по шкале за период непрерывной автономной работы.

3.17 $\mathbf{U_{95}}$ (U_{95}): Определение расширенной неопределенности с доверительным интервалом 95 % в соответствии с Руководством ИСО/МЭК 98-3.

3.18 **нулевой воздух** (zero air): Воздух, свободный от загрязняющих веществ, которые могут вызвать отклик испытательного прибора.

3.19 **дрейф нуля** (zero drift): Процентное изменение отклика прибора на нулевую концентрацию загрязняющего вещества за период непрерывной автономной работы.

4 Определение скорости и направления потока воздуха

4.1 Общие положения

Настоящий раздел содержит описание приборов непрерывного прямого действия для определения скорости и направления потока воздуха в автодорожных туннелях. При условии, что характеристики прибора соответствуют спецификациям, приведенным в таблице 1, могут быть использованы альтернативные методы.

4.2 Общий принцип

Скорость и направление потока воздуха в современных автодорожных туннелях обычно измеряют с использованием ультразвуковых датчиков потока.

Системы ультразвуковых датчиков основаны на том принципе, что скорость движения воздуха изменяет время, за которое звуковой импульс проходит фиксированное расстояние, что позволяет рассчитать скорость воздуха и определить направление потока.

Датчики прибора могут использоваться для управления механической вентиляцией в туннеле как в обычном, так и в аварийном режиме.

Измерение потока в автодорожных туннелях имеют большое значение для работы в аварийных ситуациях (например, при возгорании автомобиля), позволяя контролировать поток воздуха таким образом, чтобы пары не распространялись во внутреннем пространстве автодорожного туннеля. Для этой цели выбор измерения поперечного сечения или измерения расхода воздуха в одной точке зависит от технических характеристик самого туннеля.

Измерение расхода воздуха также важно для управления механической вентиляцией либо для разбавления загрязняющих веществ, либо для контроля выбросов в атмосферу через выходы.

Ультразвуковые датчики представляют собой открытые либо одноточечные приборы, установленные в различных местах по всей длине туннеля, включая выходы и выездные пандусы.

Ультразвуковые датчики расхода открытого типа измеряют среднее значение по ширине туннеля, при этом пары приемопередатчиков устанавливаются на противоположных стенках под углом от 45° до 60° к оси туннеля. Для устранения потенциальных ошибок измерения, вызванных изменениями скорости ультразвука из-за температуры и давления, блоки приемопередатчиков должны быть установлены с каждой стороны стены туннеля, при этом время прохождения измеряется в обоих направлениях. Одноточечные ультразвуковые датчики расхода используют тот же принцип измерения, что и датчики открытого типа, измеряя изменения времени прохождения звуковым импульсом фиксированного расстояния, но в этом случае оцениваемое расстояние находится внутри корпуса прибора.

Примечание — Ультразвуковые датчики расхода открытого типа обычно расположены высоко на стенах туннеля; следовательно, возможно, что измеренная скорость воздуха не соответствует средней скорости для общего поперечного сечения туннеля. Аналогичным образом, одноточечные ультразвуковые датчики расхода измеряют скорость воздуха вблизи стены туннеля (или потолка) и ближе к дорожному покрытию, следовательно, также возможно, что измеренная скорость воздуха не соответствует средней скорости для поперечного сечения туннеля при нормальных условиях эксплуатации ввиду увеличения неопределенности из-за турбулентности, создаваемой автомобильным движением.

4.3 Оборудование

4.3.1 Приборы

Используют приборы непрерывного прямого действия, которые соответствуют техническим характеристикам, приведенным в таблице 1. Технические характеристики, указанные производителем, считаются соответствующими заданным требованиям, если они сопровождаются свидетельством о поверке в соответствии с требованиями ИСО/МЭК 17025.

Таблица 1 — Технические характеристики приборов для систем контроля скорости воздуха в туннеле

Параметр	Минимальные требования
Диапазон	от −20 до 20 м/с
Расширенная неопределенность измерения	2 % от показаний или 0,2 м/с[a]
Разрешение	≤ 0,1 м/с
[a] В зависимости от того, что больше.	

4.3.2 Устройство измерения длины стандартного пути (только для приборов открытого типа)

Для точного определения длины пути необходимо метрологически прослеживаемое эталонное устройство измерения с неопределенностью 0,5 % U_{95}. Эталонное устройство измерения длины пути должно быть проверено на длине пути, равной, по крайней мере, длине измерительного пути прибора.

Организации, выполняющие испытания, должны соответствовать требованиям ИСО/МЭК 17025.

4.3.3 Датчик контроля скорости расхода воздуха

Для проверки работы датчиков скорости расхода воздуха требуется метрологически прослеживаемый ручной крыльчатый термоанемометр или аналогичный прибор с соответствующими техническими характеристиками, с неопределенностью не более 2 % U_{95}. Датчик стандартного расхода должен быть откалиброван в диапазоне, превышающем максимальный расход воздуха в туннеле.

Организации, выполняющие испытания, должны соответствовать требованиям ИСО/МЭК 17025.

4.4 Процедура проверки

Процедура включает следующие этапы:

a) для ультразвуковых датчиков расхода открытого типа следует убедиться, что приемопередатчики установлены таким образом, что на пути прохождения звукового импульса отсутствуют препятствия, включая автомобильное движение, и в то же время обеспечивается легкий доступ для обслуживания и калибровки прибора;

b) для ультразвуковых датчиков расхода открытого типа проверяют горизонтальное и вертикальное выравнивание прибора и угол луча в соответствии с инструкциями по эксплуатации;

c) для ультразвуковых датчиков расхода открытого типа измеряют и записывают расстояние между приемопередатчиками, используя эталонное устройство для измерения длины пути (4.3.2);

d) настраивают прибор и выполняют первоначальные проверки в соответствии с инструкциями по эксплуатации (например, установку длины пути, настройку и масштабирование аналоговых выходов, установку значений сигнала и уровня демпфирования) и требованиями 4.5;

e) проводят измерения в соответствии с инструкциями по эксплуатации с целью подтверждения того, что полученные значения относятся к дате и времени проводимого измерения.

4.5 Поверка и калибровка приборов

4.5.1 Общие положения

При калибровке прибора устанавливают количественную зависимость между скоростью воздуха и откликом прибора.

Поверки и калибровки приборов проводят с периодичностью, указанной производителем оборудования, и в соответствии с таблицей 2.

Кроме того, проверку точности эксплуатации необходимо проводить в следующих ситуациях:

a) перед выводом из эксплуатации или перемещением прибора, если он находится в рабочем состоянии;

b) после перемещения прибора;

c) после любого ремонта, который может повлиять на отклик прибора;

d) при любом указании на неисправность прибора или изменении отклика, которое может привести к дрейфу контрольной точки более чем на значения, указанные в таблице 2.

Примечание 1 — Мониторинг расхода и направления воздуха может содержать функцию автоматической ежедневной проверки нулевой точки и диапазона для ежедневного контроля и обеспечения качества.

Примечание 2 — Если прибор для измерения расхода воздуха обеспечивает проверенные эквивалентные функции самопроверки (например, считывание аналоговых или цифровых выходов), то проверки и калибровки можно не проводить.

4.5.2 Длина измерительного пути (только для приборов открытого типа)

Длину измерительного пути для ультразвуковых датчиков расхода открытого типа обычно определяют как расстояние между сторонами противоположных блоков приемопередатчика, однако это должно быть подтверждено производителем. Длина измерительного пути должна быть определена при установке (см. таблицу 2) с использованием эталонного устройства измерения расстояния, как приведено в 4.3.2.

Проверку длины измерительного пути также следует проводить каждый раз, когда прибор открытого типа переустанавливается после технического обслуживания или ремонта, если техническое обслуживание или ремонт могут привести к изменению длины измерительного пути.

4.5.3 Первоначальная проверка

Проводят первоначальную проверку ультразвукового датчика расхода перед открытием автодорожного туннеля с использованием совмещенного эталона передачи (СЭП) как минимум при трех скоростях потока воздуха (если это технически возможно), равномерно распределенных по расчетному рабочему диапазону измерений, характерных для туннеля.

Для ультразвуковых датчиков расхода открытого типа измерения необходимо проводить как минимум в двух точках на полосу движения проезжей части. Для одноточечного ультразвукового датчика расхода СЭП должен находиться в пределах 1 м от датчика объекта по горизонтали и 0,5 м по вертикали, но на том же расстоянии от стены туннеля.

Метод с использованием СЭП требует откалиброванного ручного крыльчатого термоанемометра или аналогичного прибора с такими же или более высокими характеристиками, что и у ультразвукового датчика расхода, расположенного вблизи измерительного пути для оцениваемого датчика.

Как для одноточечных, так и для ультразвуковых датчиков расхода открытого типа важно разместить СЭП так, чтобы он отражал поток воздуха на датчике объекта и не мешал отклику любого из приборов.

Процедура включает следующие этапы:

a) проверяют, что СЭП ориентирован так, чтобы показания были получены по направлению потока воздуха;

b) подключают СЭП к независимому регистратору данных. После того, как скорость воздуха стабилизируется, записывают данные проверки в течение не менее 5 мин. Одновременно записывают ответ от установленного датчика за тот же период;

c) записывают среднее значение зарегистрированных данных за выбранный период и, если применимо, по всем точкам измерения СЭП. Рассчитывают разницу между показаниями датчика на месте и средними показаниями СЭП;

d) контролируют, что разница соответствует допуску, указанному в таблице 2. Если результат не находится в пределах предписанного допуска, проверяют размещение и особенности площадки, выполняют ремонт и/или калибровку прибора, если требуется, и повторяют приведенную выше процедуру до тех пор, пока не будет достигнуто соответствие указанному допуску.

4.5.4 Калибровка поперечного сечения

Также может потребоваться корреляция между выходным сигналом ультразвукового датчика потока и общего потока воздуха системы вентиляции, чтобы получить коэффициент или алгоритм для использования в системе управления туннельной вентиляцией.

При необходимости выполняют калибровку поперечного сечения после ввода прибора в эксплуатацию и после проведения первоначальной проверки (4.5.3).

Общий расход системы вентиляции можно определить путем измерения скорости воздуха в поперечном сечении туннеля в том же положении в туннеле, что и ультразвуковой датчик расхода ручного крыльчатого анемометра или аналогичного прибора с соответствующими техническими характеристиками.

В этом случае количество и расположение точек измерения в поперечном сечении туннеля будет зависеть от гидравлического диаметра и формы поперечного сечения туннеля. Обычно используют следующие методы: метод индикаторного газа, метод равных площадей, приведенный в ИСО 10780, или метод Лога-Чебышева, описанный в ANSI/ASHRAE Standard 41.2 и ИСО 5802. При этом для расчета общего расхода системы вентиляции средняя измеренная скорость потока умножается на площадь поперечного сечения.

Измерение общего расхода вентиляционной системы не исключает необходимость проверки фактического отклика прибора в соответствии с приведенной выше процедурой. Следует учитывать, что корреляция, определенная между общим расходом системы вентиляции и выходным сигналом ультразвукового датчика потока в пустом туннеле, может не отражать того, что происходит в работающем туннеле.

4.5.5 Проверка нулевой точки

Нулевой отклик ультразвукового датчика потока следует проверять ежегодно в соответствии с инструкциями по эксплуатации.

Для одноточечных датчиков следует поместить датчик в коробку, которая изолирует его от любых сквозняков.

Следует убедиться, что нулевой отклик находится в пределах допуска, указанного в таблице 2. Если результат не находится в пределах допуска, выполняют ремонт и/или калибровку прибора в соответствии с требованиями и повторяют процедуру до тех пор, пока нулевой отклик не будет находиться в пределах допуска.

4.5.6 Проверка компонентов системы

В состав системы входят различные кабели, записывающие устройства, устройства обработки сигналов и обработки данных, и они могут исказить выходные данные датчика.

Проверку компонентов системы необходимо проводить ежегодно, чтобы гарантировать, что передаваемые выходные данные датчика совпадают с полученными на устройстве записи данных. Например, если ультразвуковой датчик расхода выдает выходной сигнал 20 мА при скорости воздуха 20 м/с, подают на систему сигнал 20 мА, чтобы убедиться, что на устройстве записи данных указано значение 20 м/с.

Следует убедиться, что отклик находится в пределах допуска, указанного в таблице 2. Если отклик не находится в пределах допуска, выполняют ремонт и/или калибровку прибора, если требуется, и повторяют процедуру до тех пор, пока отклик не будет в пределах допуска.

4.5.7 Проверка точности работы

Проверка точности работы ультразвукового датчика расхода должна проводиться ежегодно методом с использованием СЭП как минимум при одной скорости воздуха, а для ультразвуковых датчиков расхода открытого типа — как минимум в трех точках, расположенных на равном расстоянии друг от друга на измерительном пути. Для одноточечного ультразвукового датчика расхода СЭП должен находиться в пределах 1 м от датчика объекта по горизонтали и 0,5 м по вертикали, но на том же расстоянии от стены туннеля.

Метод СЭП требует откалиброванного ручного крыльчатого термоанемометра или его аналога с такими же или более высокими техническими характеристиками, что и у ультразвукового датчика расхода, расположенного в той же горизонтальной плоскости, что и измерительный путь для оцениваемого датчика.

Датчик регулярно калибрует аккредитованная организация, чтобы СЭП можно было проследить до требуемых эталонных стандартов. Эта калибровка должна быть подтверждена сертификатом калибровки, в котором указана чувствительность устройства по процедуре, устанавливающей прослеживаемость до эталонного стандарта и для которой указана неопределенность измерения с установленным уровнем достоверности, а также период, в течение которого калибровка действительна.

Как для одноточечных, так и для ультразвуковых датчиков расхода открытого типа важно разместить СЭП так, чтобы он отражал поток воздуха на датчике объекта, не мешая отклику любого из приборов.

Процедура состоит из следующих этапов:

a) Проверяют, что СЭП ориентирован так, чтобы показания были получены в направлении потока воздуха.

b) Подключают СЭП к независимому регистратору данных. Записывают данные проверки за достаточный период времени, демонстрирующий стабильный отклик. Одновременно записывают ответ от датчика на месте за тот же период.

c) Усредняют записанные данные за выбранный период и, если применимо, по трем точкам измерения СЭП. Рассчитывают разницу между показаниями датчика на месте и средними показаниями СЭП.

d) Контролируют, что разница соответствует допуску, указанному в таблице 2. Если результат не находится в пределах предписанного допуска, выполняют ремонт и/или калибровку прибора в соответствии с требованиями и повторяют описанную выше процедуру до тех пор, пока не будет подтверждено соответствие указанному допуску.

Таблица 2 — Требования к калибровке и испытанию приборов для систем контроля скорости воздуха в туннеле

Параметр	Критерий	Периодичность проведения операции
Длина измерительного пути	±0,5	% в начале работы[b]
Первоначальная проверка	2 % от показания или ±0,2 м/с[a]	В начале работы

Окончание таблицы 2

Параметр	Критерий	Периодичность проведения операции
Проверка нулевой точки	±0,2 м/с	≤ 12 месяцам
Проверка компонентов системы	±0,2 % ПИ	≤ 12 месяцам
Проверка точности работы	6 % от показаний или ±0,3 м/с[a]	≤ 12 месяцам
[a] В зависимости от того, что больше. [b] И после технического обслуживания или ремонта (если это может привести к изменению длины измерительного пути).		

Следует вести подробный журнал всех проведенных испытаний рабочих характеристик и калибровки.

4.6 Техническое обслуживание

4.6.1 Общие положения

Техническое обслуживание необходимо проводить с периодичностью, указанной в таблице 3. При этом в соответствии с инструкцией по эксплуатации могут потребоваться дополнительные процедуры.

Следует вести и хранить подробный журнал всех проведенных испытаний производительности и технического обслуживания с данными о скорости воздуха и направлении потока при начальной проверке.

Режим технического обслуживания, рекомендованный в этом разделе, предназначен для профилактического обслуживания с рекомендуемыми минимальными компонентами и периодичностью. Если производитель предъявляет требования относительно интервалов технического обслуживания, которые превышают эти минимальные требования, они должны подтверждаться сертификатом, выданным не производителем оборудования, а организацией, отвечающей требованиям ИСО/МЭК 17025.

Примечание — В качестве альтернативных режимов можно использовать техническое обслуживание по состоянию или профилактическое техническое обслуживание, учитывая, что эти системы определяют различные компоненты и периодичность.

4.6.2 Выездные проверки

Техническое обслуживание должно проводиться с периодичностью, указанной в таблице 3. Визуальный осмотр ультразвуковых датчиков расхода необходимо проводить раз в полгода. Следует вести журнал результатов испытаний с регулярными записями, подтверждающими достоверность данных.

Таблица 3 — Текущее техническое обслуживание систем измерения скорости воздуха в туннелях

Компонент технического обслуживания	Периодичность проведения
Визуальный осмотр	≤ 6 месяцам
Очистка датчика[a]	≤ 12 месяцам
Испытание выравнивания	≤ 12 месяцам
[a] Зависит от спецификаций производителя и от скорости загрязнения датчика.	

Плановое техническое обслуживание может включать удаление грязи, птичьих гнезд и паутины, а также проверку выравнивания приемопередатчика. Интервал технического обслуживания зависит от качества воздуха в туннеле, но не должен превышать 12 мес. При очистке компонентов ультразвукового датчика расхода следует соблюдать осторожность в соответствии с рекомендациями производителя.

Не следует использовать сжатый воздух для очистки компонентов ультразвукового датчика расхода.

При составлении графика выездных испытаний необходимо учитывать следующее:

а) график собранных данных, показывающий работу датчика (например, контрольная диаграмма согласно ИСО 7870-1);

b) неисправности, о которых могут свидетельствовать неправильный нулевой отклик, нестабильная реакция прибора (что может проявляться при малых скоростях воздуха), низкая чувствительность (при малых скоростях воздуха) и низкая изменчивость регистрируемых скоростей воздуха;

c) взаимное сравнение данных между другими датчиками, расположенными в туннеле.

4.7 Расчет и выражение результатов

Результаты должны быть выражены в метрах в секунду. Положительный или отрицательный знак скорости по отношению к транспортному потоку или потоку выхода должен быть четко определен в отчете.

4.8 Неопределенность измерения

Неопределенность измерения будет варьироваться для каждой отдельной установки. Факторы, влияющие на расширенную неопределенность, включают представительность выходного сигнала ультразвукового датчика потока для площади поперечного сечения туннеля.

Ориентировочно неопределенности измерения скорости воздуха, соответствующие большему значению ±0,2 м/с или 2 % от показаний, могут быть достигнуты с использованием современного оборудования. Во всех случаях неопределенность измерения должна определяться на основе индивидуальной лабораторной практики.

Примечание 1 — Подходящий метод расчета неопределенности измерения приведен в Руководстве ИСО/МЭК 98-3.

5 Определение оксида углерода, оксида азота и диоксида азота

5.1 Общие положения

В настоящем разделе приведены приборы непрерывного прямого действия для определения концентраций CO, NO и NO_2 в автодорожных туннелях. При условии, что характеристики прибора соответствуют спецификациям, приведенным в таблице 4.

5.2 Основные принципы

Массовые концентрации CO и NO в автодорожных туннелях обычно измеряют с помощью инфракрасных приборов открытого типа и одноточечных электрохимических датчиков. Электрохимические датчики часто предпочтительнее из-за низкой стоимости установки и обслуживания. Одной из основных целей мониторинга концентрации CO в автодорожных туннелях является обнаружение пожаров, особенно в начале события и на этапе эвакуации пользователей.

Массовые концентрации NO_2 в автодорожных туннелях обычно измеряют с помощью приборов открытого типа с датчиками ультрафиолетового излучения или приборов ДОАС (дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии) или одноточечных электрохимических датчиков.

Также могут использоваться другие измерительные техники, включая применение систем с отбором проб и газоанализаторов, при условии, что они соответствуют техническим характеристикам приборов, содержащимся в настоящем стандарте либо в других применимых стандартах, например ИСО 4224, ИСО 7996, ЕН 14211 и ЕН 14626. Для безопасности в туннелях также необходимо учитывать требования, касающиеся обработки, хранения и транспортировки сжатых газов.

Инфракрасные приборы открытого типа основаны на корреляции газовых фильтров с длиной измерительного пути, которая обычно находится в диапазоне от 3 м (6 м сложенный луч) до 10 м (одиночный луч).

В отличие от ультразвуковых датчиков расхода передатчик и приемник прибора открытого типа или приемопередатчик и ретрорефлектор обычно устанавливают на стене на той же стороне туннеля, что предотвращает потенциальное слепящее воздействие светового луча на пользователей туннеля.

Метод измерения открытого пути для всех загрязняющих веществ основан на законе Бугера-Ламберта-Бера, который связывает поглощение света в зависимости от концентрации частиц, характеристик поглощения этих частиц и длины пути.

Закон Бугера-Ламберта-Бера в этом случае может быть выражен математически формулой (1)

$$I(\lambda) = I_0(\lambda)e^{-\Sigma c_i a_i(\lambda)L}, \quad (1)$$

где $I(\lambda)$ — измеренная интенсивность света на определенной длине волны λ;

$I_0(\lambda)$ — интенсивность света на определенной длине волны λ без поглощения;

c_i — концентрация газообразных веществ i;

$a_i(\lambda)$ — поперечное сечение поглощения на длине волны λ для газообразных веществ i (количественно определяет вероятность поглощения света на каждой длине волны; единицами измерения являются $м^2$/молекула, $м^2$/мкг или аналогичные в зависимости от единицы концентрации);

L — длина оптического пути.

Электрохимический датчик состоит из капиллярного диффузионного барьера, гидрофобной мембраны, рабочего и встречного электродов, разделенных тонким слоем электролита. Загрязнитель проходит через капиллярный барьер, диффундирует через гидрофобную мембрану и вступает в реакцию на поверхности рабочего электрода.

Поскольку процесс контролируется диффузией, отклик прибора прямо пропорционален концентрации загрязняющего вещества в соответствии с формулой (2)

$$R = D \cdot F \cdot c_i \cdot A/t \cdot e, \quad (2)$$

где R — отклик прибора;

D — коэффициент диффузии;

F — постоянная Фарадея;

c_i — концентрация газообразных веществ i;

A — площадь мембраны;

t — толщина мембраны;

e — количество электронов.

Как правило, в ограничения электрохимических датчиков включают их реакцию на температуру, относительную влажность и мешающие газы, однако некоторые приборы содержат датчик температуры для корректировки реакции прибора с использованием запатентованного алгоритма.

Конкретным ограничением для измерения NO_2 с помощью электрохимических датчиков является то, что постоянное воздействие значительных концентраций NO_2 может быстро насытить электролит, что потребует частой замены элемента.

5.3 Оборудование

5.3.1 Газоанализатор

Используют прибор непрерывного прямого действия, который соответствует техническим характеристикам, приведенным в таблице 4. Прибор может использоваться в любом диапазоне в пределах значений, установленных настоящим стандартом, при условии, что он был откалиброван и проверен в соответствии с 5.5.

Технические характеристики, указанные производителем, считаются соответствующими заданным требованиям, если они сопровождаются свидетельством о поверке в соответствии с требованиями ИСО/МЭК 17025.

Приборы могут иметь перекрестную чувствительность к ряду веществ, которые могут присутствовать в автодорожных туннелях, включая измеряемые компоненты (например, NO). Этот аспект следует учитывать при выборе оборудования. В соответствии с настоящим стандартом эквивалентные мешающие вещества, присутствующие во внутреннем пространстве туннеля, не должны превышать ±0,5 % предела измерений.

Таблица 4 — Технические характеристики прибора для туннельных систем CO/NO/NO_2

Параметр	CO	NO	NO_2
Минимальный диапазон	от 0 до 250 $млн^{-1}$	от 0 до 30 $млн^{-1}$	от 0 до 2 $млн^{-1}$
Нижний предел обнаружения	3 $млн^{-1}$	1 $млн^{-1}$	0,05 $млн^{-1}$
Расширенная неопределенность измерения	3 $млн^{-1}$ или 3 % от показаний[a]	1 $млн^{-1}$	0,05 $млн^{-1}$ или 5 % от показаний[a]
Разрешение	1 $млн^{-1}$	1 $млн^{-1}$	0,05 $млн^{-1}$

Окончание таблицы 4

Параметр	CO	NO	NO_2
Время отклика:			
нарастание	≤ 120 с	≤ 120 с	≤ 120 с
спад	≤ 120 с	≤ 120 с	≤ 120 с
Рабочая температура	от −20°C до 50 °C	от –20°C до 50 °C	от –20°C до 50 °C
[a] В зависимости от того, что больше.			

5.3.2 Эталонный барометр

Для калибровки любых датчиков давления или для стандартизации условий прохождения потока через калибровочную кювету используют метрологически прослеживаемый эталонный барометр с неопределенностью U_{95} 0,5 кПа, входящий в состав измерительной системы.

Организации, выполняющие испытания, должны соответствовать требованиям ИСО/МЭК 17025.

5.3.3 Эталонный термометр

Для калибровки любых датчиков температуры или для стандартизации условий прохождения потока через калибровочную кювету используют метрологически прослеживаемый эталонный термометр с неопределенностью U_{95} 0,5 °C, входящих в состав измерительной системы.

Организации, выполняющие испытания, должны соответствовать требованиям ИСО/МЭК 17025.

5.3.4 Устройство измерения длины эталонного измерительного пути (только для приборов открытого типа)

Для точного определения длины измерительного пути для приборов открытого типа следует использовать метрологически прослеживаемое эталонное устройство измерения длины пути с неопределенностью U_{95} 0,5 %. Эталонное устройство измерения длины пути необходимо проверить на длине пути, равной, по крайней мере, длине измерительного пути прибора.

Организации, выполняющие испытания должны соответствовать требованиям ИСО/МЭК 17025.

5.3.5 Измерение длины калибровочной кюветы (только для приборов открытого типа)

Для точного определения длины потока через калибровочную кювету (кюветы) для приборов открытого типа используют метрологически прослеживаемое эталонное устройство измерения длины пути с неопределенностью 0,5 % U_{95}. Эталонное устройство измерения длины пути необходимо проверить на длине пути не менее наибольшей длины пути калибровочной кюветы.

Организации, выполняющие испытания, должны соответствовать требованиям ИСО/МЭК 17025.

5.4 Процедура проверки

5.4.1 Приборы открытого типа

Процедура включает следующие этапы:

a) проверяют, установлены ли приемопередатчик и ретрорефлектор или блоки передатчика и приемника таким образом, чтобы оптическому пути не препятствовали туннельное оборудование или другие препятствия и в то же время обеспечивался легкий доступ для обслуживания и калибровки прибора. Более короткие оптические пути повысят уровни освещенности, однако они могут привести к более высоким пределам обнаружения и большей неопределенности измерений;

b) контролируют, надежно ли закреплены приемопередатчик и ретрорефлектор или блоки передатчика и приемника на материалах с низким тепловым расширением, чтобы свести к минимуму изменение выравнивания светового луча из-за колебаний температуры;

c) проверяют, не подвержены ли приборы чрезмерной вибрации и стабильна ли подача электроэнергии;

d) для оборудования, установленного на выходах туннеля или въездных/выездных пандусах, проверяют, является ли ориентация оптического пути такой, при которой сильное рассеянное излучение (например, солнечный свет) не попадает непосредственно в приемопередатчик или блок приемника;

e) проверяют горизонтальное и вертикальное выравнивание блоков;

f) измеряют расстояние между приемопередатчиком и ретрорефлектором или передатчиком и приемником, используя эталонное устройство для измерения длины пути (5.3.4);

g) настраивают прибор и выполняют первоначальные проверки в соответствии с инструкциями по эксплуатации (например, установку длины пути, настройку и масштабирование аналоговых выходов, установку значений сигнала и уровня демпфирования) и требованиями 5.5;

h) проводят измерения в соответствии с инструкциями по эксплуатации для соотнесения полученных значений с правильными датой и временем.

Примечание — Выполнение выравнивания оптического пути в условиях низкой освещенности или в темноте может помочь при настройке фокуса.

Выравнивание оптического пути и фокусировку следует выполнять при температурных условиях, которые соответствуют среднему диапазону ожидаемого минимального и максимального температурного диапазона в месте наблюдения (при возможности).

Во время промывки стен туннеля или испытания противопожарной системы на затопление на пылезащитные трубки приборов должны быть установлены колпачки, чтобы предотвратить попадание воды.

5.4.2 Одноточечные приборы

Процедура включает следующие этапы:

a) устанавливают оборудование так, чтобы облегчить доступ для обслуживания и калибровки прибора;

b) контролируют, не подвергаются ли приборы воздействию солнечного света, чрезмерной вибрации и стабильно ли электропитание;

c) настраивают прибор и выполняют первоначальные проверки в соответствии с инструкциями по эксплуатации (например, настройку и масштабирование аналоговых выходов, установку значений сигнала и уровня демпфирования) и требованиями 5.5;

d) проводят измерения в соответствии с инструкциями по эксплуатации с целью убедиться, что полученные значения относятся к правильной дате и времени.

Во время промывки стен туннеля или испытания противопожарной системы на затопление на приборы должны быть установлены колпачки для предотвращения попадания воды.

5.5 Проверка и калибровка приборов

5.5.1 Общие положения

При калибровке прибора устанавливают количественную связь между входной концентрацией загрязняющего вещества и откликом прибора. Для регулировки выходного сигнала прибора используют только эталонный воздух для испытания.

Проверки и калибровки приборов должны проводиться с периодичностью, указанной производителем оборудования, и в соответствии с таблицей 5.

Кроме того, проверки и калибровки приборов следует проводить:

a) до вывода из эксплуатации или перемещения прибора, если он находится в рабочем состоянии;

b) после перемещения прибора;

c) после любого ремонта, который может повлиять на отклик прибора;

d) при любом указании на неисправность прибора или изменении отклика, которое может привести к дрейфу контрольной точки более чем на значения, указанные в таблице 5.

Примечание 1 — Если прибор для измерения CO, NO или NO_2 обеспечивает проверенные эквивалентные функции самопроверки (например, считывание аналоговых или цифровых выходов, проверки нулевой точки и диапазона), проверки и калибровки можно не проводить.

5.5.2 Приборы открытого типа

Приборы открытого типа должны быть откалиброваны в соответствии с указаниями инструкции по эксплуатации прибора и с приведенными в настоящем стандарте общими рекомендациями.

По закону Бугера-Ламберта-Бера поглощение зависит как от концентрации вещества, так и от длины оптического пути. Следовательно, свет, поглощаемый загрязняющим веществом, зависит от общего количества молекул этого газа между передатчиком и приемником. Таким образом, калибровку теоретически можно проводить при высоких концентрациях на коротких расстояниях или относительно низких концентрациях на больших расстояниях при условии, что произведение концентрации на расстояние является постоянным.

Проверки и калибровки приборов открытого типа обычно выполняют с использованием относительно высоких концентраций на коротких расстояниях из-за повышенной неопределенности при более низких концентрациях газа. Кроме того, короткие пути калибровки легче реализовать в рабочих условиях.

Проверки диапазона прибора и калибровки проводят с использованием проточной калибровочной кюветы, прикрепленной к блоку приемопередатчика или приемника, с эталонной испытательной атмосферой, подаваемой в кювету при низкой скорости потока.

Изменяя количество и длину потока через калибровочные кюветы, через которые проходит световой луч, можно моделировать различные концентрации вещества в одном эталонном воздухе для испытания. В качестве альтернативы концентрацию эталонного воздуха для испытания можно варьировать, используя аппарат для разбавления, при этом требуется только одна проточная кювета для калибровки.

Расчетная концентрация газа на измерительном пути определяется по формуле (3)

$$c = \frac{c_r \cdot L_c}{L} + \frac{c_b \cdot (L - L_c)}{L}, \quad (3)$$

где c — расчетная концентрация газа на оптической длине пути, млн$^{-1}$;

c_r — концентрация эталонной испытательной атмосферы, млн$^{-1}$;

c_b — фоновая концентрация загрязняющего вещества, млн$^{-1}$;

L_c — длина калибровочной кюветы, м;

L — длина измерительного пути, м.

Проверки и калибровки приборов обычно проводят во время закрытия туннеля, следовательно, второй член формулы, учитывающий фоновую концентрацию загрязняющих веществ, обычно не имеет значения при концентрациях поверочного газа. Однако это может стать существенным, если поблизости есть неработающие транспортные средства или заправленное топливом оборудование, при проведении измерений при более низких концентрациях, связанных с многоточечной проверкой точности, или из-за необычных условий окружающей среды, таких как туман. Для снижения высоких фоновых концентраций может потребоваться работа туннельной механической вентиляции.

Фоновая концентрация загрязняющих веществ представляет собой среднее значение концентраций, измеренных испытуемым прибором открытого типа непосредственно до и после периода калибровки.

Приборы открытого типа следует испытывать в периоды, когда концентрации загрязняющих веществ и другие оптические помехи, такие как туман, относительно низки и стабильны. Кроме того, чтобы избежать помех измерениям, следует убедиться, что выходное отверстие проточной калибровочной кюветы направлено в сторону от измерительного пути, подсоединив трубку к выходному отверстию кюветы.

Отклик приборов открытого типа зависит от общего количества молекул на пути света, при этом некоторые приборы корректируют отклик на основе измеренных температуры и давления окружающей среды. Для тех приборов, где этого не происходит, расчетную концентрацию следует скорректировать на основе средних значений температуры и давления в месте проведения мониторинга за предлагаемый период между калибровками

$$c_s = c \cdot P_c/P_a \cdot T_a/T_c, \quad (4)$$

где c_s — концентрация поверочного газа на длине оптического пути, млн$^{-1}$;

P_a — историческое среднее арифметическое барометрическое давление окружающей среды за предлагаемый период между калибровками, кПа;

P_c — барометрическое давление на момент калибровки, кПа;

T_a — историческая средняя температура окружающей среды для предлагаемого места, К;

T_c — температура во время калибровки, К.

В качестве альтернативы диапазон концентраций может быть привязан к стандартным температуре и давлению (273,15 К; 101,325 кПа). Выбранный метод должен быть указан в протоколе испытаний.

Применяют коммерчески доступные герметичные кюветы, содержащие высокую концентрацию измеряемого загрязняющего вещества. Для проверки работы прибора в период между калибровками можно использовать запаянные кюветы, но они не заменяют требований к калибровке прибора, изложенных в настоящем стандарте.

5.5.3 Одноточечные приборы

Одноточечные приборы должны быть откалиброваны в соответствии с указаниями инструкции по эксплуатации прибора.

Проверки и калибровки точки нулевой точки и точки диапазона прибора выполняют в месте проведения мониторинга путем отбора пробы эталонного воздуха для испытания, содержащего известные концентрации загрязняющих веществ. Во время проверки или калибровки прибор должен отбирать нулевой газ или эталонный воздух для испытания через все пробоотборные линии, фильтры, скрубберы, кондиционеры и другие компоненты, связанные с измерительной системой во время обычного мониторинга качества воздуха в автодорожных туннелях.

5.5.4 Длина измерительного пути (только для приборов открытого типа)

Для приборов открытого типа длина измерительного пути должна определяться при установке (таблица 5) с использованием эталонного измерительного устройства в соответствии с 5.3.4. Длина измерительного пути обычно определяется как расстояние между лицевой стороной блока приемопередатчика или передатчика и лицевой стороной ретрорефлектора или блока приемника, однако это должно быть согласовано с производителем.

Испытание длины пути также следует проводить каждый раз, когда прибор переустанавливают после технического обслуживания или ремонта.

5.5.5 Расход по длине калибровочной кюветы (только для приборов открытого типа)

Длина пути через калибровочную кювету (кюветы), используемую для проверки и калибровки приборов открытого типа, должна быть определена перед первоначальным применением (см. таблицу 5) с использованием эталонного измерительного устройства в соответствии с 5.3.5. Длину кюветы определяют как расстояние между внутренними поверхностями оптического стекла с каждой стороны кюветы.

Предпочтительнее определить расстояние между внешними поверхностями кюветы и вычесть толщину стекла на каждом конце. Результаты измерения должны быть повторяемыми и учитывать такие переменные, как размер уплотнительных колец, используемые для герметизации стеклянных поверхностей.

5.5.6 Проверка температуры и давления

Если массовые концентрации загрязняющих веществ следует указывать в миллиграммах на кубический метр (выраженных при 273,15 K; 101,325 кПа), должна быть измерена средняя температура.

Датчики температуры должны проверяться с интервалами, не превышающими 12 месяцев. Если разница между датчиком и эталонным термометром составляет более ±1 °C, датчик должен быть откалиброван. Следует использовать эталонный термометр, соответствующий требованиям 5.3.3. Необходимо соблюдать инструкции по эксплуатации, подробно описывающие конкретные процедуры проверки и калибровки датчика температуры.

Проверку следует проводить каждый раз, когда датчик температуры подлежит техническому обслуживанию или ремонту.

Изменения барометрического давления имеют меньший эффект, поэтому непрерывное измерение не является требованием настоящего стандарта. При использовании датчиков давления датчики необходимо проверять не реже одного раза в год. Если разница между датчиком и эталонным барометром превышает ±1 кПа, датчик должен быть откалиброван. Следует использовать эталонный барометр, отвечающий требованиям 5.3.2. Необходимо соблюдать инструкции по эксплуатации, в которых подробно описаны конкретные процедуры проверки и калибровки датчика давления.

Проверку следует проводить каждый раз, когда датчик давления подлежит техническому обслуживанию или ремонту.

5.5.7 Нулевой воздух

Нулевой воздух не должен содержать загрязняющих веществ, которые могут вызывать отклик испытательного прибора. Концентрация кислорода в нулевом воздухе должна быть в пределах ±2 % по объему от нормального состава воздуха (20,9 % по объему).

5.5.8 Эталонный воздух для проверок

Эталонный воздух для проверок, содержащий газообразные соединения, получают из сертифицированных стандартных образцов в соответствии с ИСО 6145 с использованием нулевого воздуха в качестве газа-разбавителя. В качестве альтернативы могут использоваться соответствующие концентрации в поверочных газовых смесях (ПГС).

Стандартные образцы должны быть сертифицированы в организации, соответствующей требованиям ИСО/МЭК 17025.

5.5.9 Проверка нулевой точки

5.5.9.1 Приборы открытого типа

Для проверки нулевой точки прибора открытого типа следуют инструкциям по эксплуатации. Однако проверка нулевой точки прибора открытого типа обычно невозможна в условиях применения. В этих условиях «нулевые» показания при отсутствии движения должны регистрироваться во время проверки шкалы прибора (см. 5.5.11.1). При проверке нулевой точки кювету продувают азотом или нулевым воздухом.

Нулевые проверки следует проводить поздней ночью/ранним утром, когда концентрации загрязняющих веществ в окружающей среде обычно низки. Для снижения высоких фоновых концентраций, возникающих в результате сжигания топлива в ремонтных машинах и оборудовании, может потребоваться работа туннельной механической вентиляции.

Альтернативным методом проверки нулевой точки является построение показаний прибора за длительный период времени (≥ 1 мес) для получения оценки нулевого показания прибора.

5.5.9.2 Одноточечные приборы

Процедура проверки нулевой точки для одноточечных приборов следующая:

a) После установки настраивают прибор в соответствии с инструкциями по эксплуатации.

b) Включают прибор в рабочий режим на несколько часов (предпочтительно в течение ночи) перед проведением проверки нулевой точки, чтобы убедиться, что его работа стабилизировалась.

c) Подают к прибору нулевой воздух, убедившись, что он проходит через оборудование для кондиционирования. По прошествии достаточного времени для стабилизации отклика прибора записывают показания прибора.

d) Рассчитывают дрейф (d) следующим образом:

$$d = \frac{(c_r - c_e)}{c_{fs}} \cdot 100, \quad (5)$$

где c_r — записанное значение;

c_e — ожидаемое значение;

c_{fs} — значение предела измерений.

5.5.10 Калибровка нулевой точки

Если дрейф нулевой точки прибора превышает значение, указанное в таблице 5, или если с момента предыдущей калибровки прошло 12 месяцев (в зависимости от того, что наступит раньше), при необходимости следует отрегулировать отклик прибора и записать окончательные показания.

5.5.11 Проверка точки диапазона

5.5.11.1 Прибор открытого типа

Процедура проверки точки диапазона для приборов открытого типа должна быть следующей:

a) После установки настраивают прибор в соответствии с инструкциями по эксплуатации.

b) Включают прибор в рабочий режим на несколько часов (предпочтительно в течение ночи) перед проведением проверки нулевой точки, чтобы убедиться, что его работа стабилизировалась. Выбирают значение шкалы таким образом, чтобы охватить диапазон ожидаемых концентраций в автодорожном туннеле.

c) Записывают нулевое показание прибора.

d) Устанавливают кювету в прибор.

e) Калибровочные кюветы устанавливают по потоку и продувают азотом или нулевым воздухом и подтверждают нулевое показание прибора. Подсоединяют сертифицированный цилиндр со стандартным образцом или прибор для разбавления к проточной калибровочной кювете и вводят эталонный воздух для испытания, соответствующий 75 % — 90 % выбранного диапазона предела измерений прибора. Скорость потока должна быть такой, чтобы не происходило значительного повышения давления в кювете (обычно 1 $дм^3$/мин или менее).

f) По прошествии времени, достаточного для стабилизации отклика прибора, записывают показания прибора.

g) Записывают второе нулевое показание прибора, чтобы убедиться в отсутствии значительных изменений фоновой концентрации.

h) Рассчитывают дрейф нулевой точки и контрольной точки по формуле (5).

i) Отключают подачу эталонного воздуха для проверок и удаляют поток через калибровочную кювету.

5.5.11.2 Одноточечные приборы

Процедура проверки точки диапазона для одноточечных приборов должна быть следующей:

a) После установки настраивают прибор в соответствии с инструкциями по эксплуатации.

b) Включают прибор в рабочий режим на несколько часов (предпочтительно в течение ночи) перед проведением проверки точки диапазона, чтобы убедиться, что его работа стабилизировалась. Выбирают значение предела измерений, чтобы охватить диапазон ожидаемых концентраций в автодорожном туннеле.

c) Подают на прибор эталонный воздух для испытания с концентрацией от 75 % до 90 % выбранного диапазона предела измерений, убедившись, что она проходит через оборудование для кондиционирования. По прошествии достаточного времени для стабилизации отклика прибора записывают показания прибора.

d) Рассчитывают дрейф нулевой точки и контрольной точки по формуле (5).

5.5.12 Калибровка точки диапазона

Если дрейф шкалы прибора превышает значения, указанные в таблице 5, или если с момента предыдущей калибровки прошло 12 месяцев (в зависимости от того, что наступит раньше), следует отрегулировать отклик прибора и записать окончательные показания. Для калибровки прибора не должны использоваться запаянные кюветы. Повторно проверяют ноль прибора после любой регулировки точки диапазона в соответствии с процедурой, приведенной в 5.5.9.1 (приборы открытого типа) или 5.5.9.2 (одноточечные приборы).

Для приборов с отдельными регуляторами нулевой точки и точки диапазона для NO и NO_2 каждый из них должен быть отрегулирован таким образом, чтобы показания были равны соответствующей эталонной концентрации испытательной атмосферы.

5.5.13 Проверка прецизионности

Проверка прецизионности должна выполняться сразу после проверки/калибровки нулевой точки и калибровки точки диапазона, как описано в 5.5.9—5.5.12.

a) При вводе в эксплуатацию или после любого ремонта, который может повлиять на линейность прибора, должна быть выполнена расширенная многоточечная проверка прецизионности. Осуществляют подачу к прибору не менее трех отличных от нулевой точки эталонных образцов воздуха для проверки, равномерно распределенных по всему диапазону измерения (например, 25 %, 50 % и 75 %), или, в случае приборов, работающих в области ИК-спектроскопии, шести отличных от нулевой точки эталонных испытательных атмосфер, примерно через равные промежутки разнесенных по диапазону измерения (например, 15 %, 30 %, 45 %, 60 %, 75 %, 90 %). По прошествии достаточного времени для стабилизации отклика прибора записывают измеренную концентрацию для каждого эталонного воздуха для проверок и нулевой точки.

b) Для последующих многоточечных проверок прецизионности приготовляют не менее трех отличных от нулевой точки эталонных испытательных атмосфер, примерно через равные промежутки (например, 25 %, 50 %, 75 %) по всему диапазону измерений. По прошествии достаточного времени для стабилизации отклика прибора записывают измеренное значение массовой концентрации для каждой эталонной испытательной атмосферы и нулевой точки.

c) Рассчитывают стандартную неопределенность оценки y по формуле (6)

$$S_{y,x} = \sqrt{\left[\frac{1}{n(n-2)}\right]\left[n\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 - \frac{\left[n\Sigma xy - (\Sigma x)(\Sigma y)\right]^2}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}\right]}, \quad (6)$$

где $S_{y,x}$ — стандартная неопределенность оценки y;

y — измеренная концентрация;

x — ожидаемая концентрация;

n — количество наблюдений.

Стандартная неопределенность для оценки y должна быть менее 2 % значения предела измерений (см. таблицу 5).

5.5.14 Проверка компонентов системы

Кабели, записывающие устройства, устройства формирования сигнала и обработки данных могут исказить выходной сигнал прибора.

Проверка компонентов системы должна проводиться каждые 12 месяцев, чтобы гарантировать, что передаваемые выходные данные прибора совпадают с полученными на устройстве записи данных.

Например, если прибор дает выходной сигнал 20 мА при концентрации CO 250 млн$^{-1}$, подают сигнал 20 мА, чтобы убедиться, что на устройстве записи данных указано значение 250 млн$^{-1}$.

Следует убедиться, что отклик находится в пределах допуска, указанного в таблице 5. Если результат не находится в пределах допуска, определяют и устраняют причину и повторяют процедуру до тех пор, пока реакция не будет находиться в пределах допуска.

Таблица 5 — Требования к проверке и калибровке приборов для систем CO/NO/NO_2 в туннелях

Параметр	Критерий	Периодичность проведения операции
Проверка нулевой точки	±2 % ПИ	≤ 3 месяцам[b]
Проверка точки диапазона	±5 % ПИ	≤ 3 месяцам[b]
Калибровка нулевой точки	±2 % ПИ	≤ 12 месяцам
Калибровка точки диапазона	±5 % ПИ	≤ 12 месяцам
Многоточечная проверка прецизионности	2 % ПИ[a]	≤ 12 месяцам
Проверка компонентов системы	±0,2 % ПИ	≤ 12 месяцам
Длина измерительного пути (открытого типа)	±5 % ПИ	Исходный[c]
Расход по длине калибровочной кюветы (открытого типа)	±5 % ПИ	Исходный
Проверка температуры измерительного пути (если применимо)	±1 °C	≤ 12 месяцам
Проверка температуры измерительного пути (если применимо)	±1 кПа	≤ 12 месяцам

[a] Допустимый дрейф для многоточечной проверки прецизионности определяется стандартной неопределенностью оценки *y* (5.5.13).

[b] Период между проверками нулевой точки и точки диапазона может быть продлен до 6 месяцев после получения достаточных данных для подтверждения стабильности отклика прибора.

[c] Повторная калибровка и измерение длины пути должны выполняться после любого технического обслуживания или изменений, которые могут повлиять на путь измерения или длину калибровочной кюветы.

5.6 Техническое обслуживание

5.6.1 Общие положения

Техническое обслуживание необходимо проводить в соответствии с периодичностью, указанной в таблице 6. Инструкции по эксплуатации могут содержать ряд дополнительных процедур.

Следует вести и хранить подробный журнал всех проверок рабочих характеристик и технического обслуживания вместе с исходными данными по CO, NO и NO_2.

Режим технического обслуживания, указанный в настоящем разделе, предназначен для профилактического обслуживания с рекомендуемыми минимальными компонентами технического обслуживания и периодичностью. Если производителем указаны интервалы технического обслуживания, которые превышают приведенные минимальные требования, их применяют при наличии сертификата соответствия, выданного организацией, отличной от производителя оборудования, которая отвечает требованиям ИСО/МЭК 17025.

Примечание — В качестве альтернативных режимов можно использовать техническое обслуживание по состоянию или профилактическое техническое обслуживание, учитывая, что эти системы определяют различные компоненты и периодичность.

5.6.2 Очистка оптических интерфейсов

Для поддержания уровня освещенности оптические интерфейсы передатчика и приемника приборов открытого типа или приемопередатчика и ретрорефлектора следует очищать каждые 6 месяцев или чаще, если наблюдается значительная потеря чувствительности.

5.6.3 Замена источника света/батареи

Источник света или батарею следует периодически заменять в соответствии с рекомендациями производителя.

5.6.4 Оптическое выравнивание

Передатчик и приемник прибора открытого типа или приемопередатчик и ретрорефлектор со временем могут смещаться, что требует периодической перенастройки. Значительная потеря чувствительности может указывать на то, что требуется повторная настройка, в противном случае повторную настройку следует проводить не реже одного раза в 6 месяцев.

Таблица 6 — Текущее техническое обслуживание систем CO/NO/NO_2 для туннелей

Компонент технического обслуживания	Периодичность проведения операции
Очистка оптических интерфейсов	≤ 6 месяцам
Замена источника света/батареи[a]	Инструкции по эксплуатации
Проверка оптического выравнивания инструмента открытого типа	≤ 6 месяцам
[a] Периодичность замены батареи зависит от прибора и условий туннеля, однако ориентировочные сроки замены для элементов CO и NO составляют от 2 до 3 лет, а для элементов NO_2 — от 3 до 12 месяцев.	

5.7 Расчет и выражение результатов

Приборы представляют показания в млн$^{-1}$. Если требуется, чтобы концентрации были выражены в массе на единицу объема, показания должны быть преобразованы по формуле (7)

$$C_m = \frac{C_v \cdot m}{V_m}, \quad (7)$$

где C_m — концентрация загрязняющего вещества в мг/м^3 (при стандартной температуре и давлении 101,3 кПа);

C_v — концентрация загрязняющего вещества в млн$^{-1}$;

m — молекулярная масса загрязняющего вещества;

V_m — молярный объем (например, 22,4 дм^3/грамм-моль при 0 °C и 101,3 кПа).

Некоторые приборы могут выполнять это преобразование автоматически. Следует убедиться, что стандартные условия, используемые прибором при выполнении этого преобразования, верны.

5.8 Неопределенность измерения

Неопределенность измерения данного метода будет варьироваться для каждого конкретного применения. Факторы, влияющие на общую неопределенность, включают (но не ограничиваются ими) неопределенности, связанные с концентрацией эталонного воздуха для испытания, расходом через калибровочную кювету и длиной измерительного пути, допустимым дрейфом контрольной и нулевой точек, поправками на температуру и давление измерительного пути, калибровочными устройствами и регистрирующими приборами, и будут варьироваться от места к месту. Ориентировочно с помощью этого метода может быть достигнута неопределенность в 10 % от показания, однако неопределенность измерения следует определять на основе индивидуальной лабораторной практики.

Примечание 1 — Пример метода расчета неопределенности измерения приведен в Руководстве ИСО/МЭК 98-3.

6 Определение видимости

6.1 Общие положения

Настоящий раздел содержит описание приборов непрерывного действия с прямым отсчетом для определения видимости в автодорожных туннелях. Допускается использование альтернативных методов при условии, что характеристики прибора находятся в пределах технических требований, приведенных в таблице 7.

6.2 Общий принцип

Объект становится видимым для наблюдателя в том случае, когда он отражает свет. Конкретный объект виден на фоне его окружения благодаря разнице в интенсивности, или длине волны, излучения, исходящего от него, по сравнению с излучением, исходящим от его окружения.

Свет ослабляется за счет рассеяния и поглощения как газами, так и взвешенными в воздухе частицами, в результате чего объекты, рассматриваемые на расстоянии, становятся менее заметными, чем при близком рассмотрении.

Темный объект кажется светлее с увеличением расстояния, а объект светлого цвета кажется темнее. В любом случае происходит потеря контраста между объектом и его окружением до тех пор, пока на достаточно большом расстоянии объект не сольется с фоном.

Ухудшение видимости в автодорожных туннелях в основном связано со светорассеивающими свойствами мелких частиц диаметром менее 2,5 мкм, при этом наиболее эффективно светорассеивающие частицы находятся в диапазоне размеров, соответствующем длине волны видимого света, от 0,4 до 0,7 мкм.

В автодорожных туннелях видимость измеряется с помощью трансмиссометров двух типов — однобазовых и двухбазовых, установленных в различных местах по длине туннеля.

Приборы определяют коэффициент экстинкции (K), обратный величине расстояния в метрах, на котором 63 % исходной интенсивности света теряется из-за рассеяния частиц. Коэффициент экстинкции зависит от концентрации частиц, распределения света и длины волны (λ) падающего света. Рассеяние пропорционально $\lambda^{-\alpha}$, где α обычно составляет от 0,5 до 2,5 для частиц, в зависимости от распределения по размерам, при этом α увеличивается по мере уменьшения среднего диаметра мелких частиц.

Ослабление света, проходящего через атмосферу, в этом случае может быть представлено законом Бугера-Ламберта-Бера, приведенным в формуле (8)

$$I = I_0 e^{-KL}, \tag{8}$$

где I — интенсивность света у наблюдателя;

I_0 — начальная интенсивность света;

L — длина пути света (т. е. расстояние от объекта до наблюдателя);

K — коэффициент экстинкции (за счет поглощения и рассеяния) = $K_{ag} + K_{sg} + K_{ap} + K_{sp}$, где K — коэффициент экстинкции, а нижние индексы a, s, g и p относятся к поглощению, рассеянию, газам и частицам соответственно.

В загрязненной атмосфере, например в автодорожных туннелях, потеря интенсивности света из-за рассеяния частиц является основной причиной ослабления света. Следовательно, коэффициентами, отличными от K_{sp}, можно пренебречь.

Трансмиссометры измеряют долю света, прошедшего через воздух автодорожного туннеля (I/I_0) на известном расстоянии между источником света известной интенсивности (передатчиком) и устройством измерения света (приемником). В качестве альтернативы можно использовать автоколлиматор или ретрорефлектор с передатчиком/приемником (приемопередатчиком) для удвоения длины измерительного пути.

Для трансмиссометров зависимость между K и светопропусканием логарифмическая и выражается формулой (9)

$$K = -\ln(I/I_0)/L. \tag{9}$$

Приборы для измерения рассеяния света определяют количество света, рассеянного под заданным углом к падающему свету, с помощью фотодетектора. В диапазоне концентраций твердых частиц и распределений по размерам, которые обычно наблюдаются в автодорожных туннелях, фотодетектор имеет приближенный к линейному отклик на коэффициент экстинкции K, при этом на отклик прибора могут влиять изменения химического состава и цвета твердых частиц.

В приборах для измерения рассеяния света коэффициент рассеяния β определяется путем измерения величины потока рассеянного света Φ_s под определенным углом θ к падающему свету с использованием фотодетектора с площадью S, как указано в формуле (10)

$$\Phi_s = \int_S I_{s,\Omega}(\theta) d\Omega, \tag{10}$$

где $I_{s,\Omega}(\theta)$ — поток луча, рассеиваемый атмосферой на расстоянии Δx (Δx — это короткий участок пути падающего света, на котором падающий свет рассеивается по направлению к фотодетектору). С потоком Φ падающего света формула (11) связывает поток рассеянного света с β:

$$\beta \cdot \Delta x = \frac{2\pi \int_S^{\pi} I_{s,\Omega}(\theta) \cdot \sin(\theta) d\theta}{\Phi}. \tag{11}$$

Используя модулированный источник света или экранируя измерение от других источников света, приборы светорассеяния можно использовать как днем, так и ночью.

Приборы для измерения рассеяния света основаны на прохождении луча через решетку либо имеют механическую или термическую аспирацию. По сравнению с трансмиссометрами они меньше по размеру, не требуют оптической юстировки и менее подвержены загрязнению.

Оснащение приборов включает нагреватели для устранения эффекта тумана внутри туннеля за счет туннельной вентиляции. Важным является устранение запотевания приборов видимости, расположенных вблизи выходов туннеля, однако следует отметить, что использование нагревателей может привести к занижению коэффициента экстинкции в туннеле.

6.3 Оборудование

6.3.1 Прибор

Прибор представляет собой устройство с прямым счетом непрерывного действия, который соответствует или превосходит технические характеристики, указанные в таблице 7.

Прибор можно использовать в любом диапазоне в пределах, указанных в настоящем стандарте, при условии, что он был откалиброван в соответствии с 6.5.

Указанные производителем технические характеристики должны рассматриваться как приемлемое свидетельство соответствия заданным требованиям, если они сопровождаются заявлением о неопределенности измерений, выданным организацией, отвечающей требованиям ИСО/МЭК 17025.

Таблица 7 — Технические характеристики приборов для систем обзора туннелей

Параметр	Требование
Диапазон	от 0 до 0,01 $м^{-1}$
Длина волны[a]	от 500 до 700 нм
Расширенная неопределенность измерения	0,001 $м^{-1}$
Разрешение	0,0001 $м^{-1}$
Время отклика: нарастание спад	 ≤ 60 с ≤ 60 с
Рабочая температура	от −20 °С до 50 °С
[a] Либо источник света прибора находится в этом диапазоне, либо прибор необходимо откалибровать, чтобы он соответствовал измеренным значениям K в этом диапазоне длин волн.	

6.3.2 Устройство измерения длины эталонного пути

Для точного определения длины измерительного пути требуется метрологически прослеживаемый эталонный дальномер с неопределенностью измерения 0,5 % U_{95}. Устройство должно быть проверено на длине пути, равной, по крайней мере, длине измерительного пути прибора.

Организации, выполняющие испытания, должны соответствовать требованиям ИСО/МЭК 17025.

6.4 Процедура измерения

6.4.1 Трансмиссометр

Процедура включает следующие этапы:

a) проверяют, что трансмиссометр установлен таким образом, что оптический путь не ограничен туннельным оборудованием или другими препятствиями, но при этом обеспечивается легкий доступ для обслуживания и калибровки прибора. Более короткие оптические пути повысят уровни освещенности, однако они могут привести к более высоким пределам обнаружения и большей неопределенности измерений;

b) контролируют, что трансмиссометр прочно закреплен на материале с низким тепловым расширением, чтобы свести к минимуму изменение выравнивания светового луча из-за изменений температуры окружающей среды;

c) убеждаются, что трансмиссометр не подвергается чрезмерной вибрации и что электропитание стабильно;

d) для оборудования, установленного на порталах туннеля или въездных/выездных пандусах, проверяют ориентацию оптического пути так, чтобы сильное рассеянное излучение (например, солнечный свет) не попадало непосредственно в приемопередатчик или блок приемника;

e) проверяют горизонтальное и вертикальное выравнивание блоков;

f) точно измеряют расстояние между приемопередатчиком и ретрорефлектором или передатчиком и приемником, используя эталонное измерительное устройство, как описано в 6.3.2. Длину измерительного пути обычно определяют как расстояние между лицевой стороной блока приемопередатчика или передатчика и лицевой стороной ретрорефлектора или блока приемника, однако это должно быть согласовано с производителем. Определение длины измерительного пути проводят каждый раз, когда прибор переустанавливается после технического обслуживания или ремонта (см. таблицу 8);

g) настраивают прибор и выполняют первоначальные проверки в соответствии с инструкциями по эксплуатации (например, настройку и масштабирование аналоговых выходов, установку значений отклика и уровня демпфирования) и требованиями 6.5;

h) проводят измерения в соответствии с инструкциями по эксплуатации для соотнесения полученных значений с правильными датой и временем.

Примечание — Для настройки фокуса выполняют выравнивание оптического пути в условиях низкой освещенности или в темноте.

Выравнивание оптического пути и фокусировку следует выполнять при температурных условиях, которые соответствуют среднему диапазону ожидаемого минимального и максимального температурного диапазона в месте наблюдения.

Во время промывки стен туннеля или испытания противопожарной системы на затопление на пылезащитные трубки приборов должны быть установлены колпачки, чтобы предотвратить попадание воды.

6.4.2 Прибор рассеянного света

Процедура включает следующие этапы:

a) проверка вибрации прибора и стабильности подачи электроэнергии;

b) для приборов, установленных на порталах туннеля или пандусах входа/выхода, убеждаются, что сильное рассеянное излучение (например, солнечный свет) не может повлиять на реакцию прибора;

c) настраивают прибор и выполняют первоначальные проверки в соответствии с инструкциями по эксплуатации (например, настройку и масштабирование аналоговых выходов, установку значений отклика и уровня демпфирования) и требованиями 6.5;

d) проводят измерения для соотнесения полученных значений с соответствующим датируемым промежутком времени.

Во время промывки стен туннеля или испытания противопожарной системы на затопление на приборы должны быть установлены крышки для предотвращения попадания воды.

6.5 Проверка и калибровка приборов

6.5.1 Общие положения

При калибровке прибора устанавливают количественную связь между видимостью и откликом прибора.

Проверки и калибровки приборов необходимо проводить с периодичностью, указанной производителем оборудования, и в соответствии с таблицей 8.

Кроме того, проверки и калибровки приборов следует проводить:

a) до вывода из эксплуатации или перемещения прибора, если он находится в рабочем состоянии;

b) после перемещения;

c) после любого ремонта, который может повлиять на реакцию прибора;

d) при любом указании на неисправность прибора или изменении реакции, которое может привести к дрейфу контрольной точки более чем на значения, указанные в таблице 8.

Калибровка прибора проводится с использованием сертифицированного стандартного образца (например, испытательной кюветы или фильтра нейтральной плотности), прикрепленного к прибору рассеянного света, или приемопередатчику трансмиссометра, или приемнику, при этом кювета или фильтр обеспечивают номинальное значение измеренного коэффициента поглощения.

Калибровки обычно проводят в то время, когда туннели закрыты, при этом предполагают, что фоновое значение коэффициента экстинкции низкое. Однако если поблизости находятся работающие на холостом ходу транспортные средства или работающее на топливе оборудование, фоновое значение может быть завышено.

Для приборов, у которых сертифицированный стандартный образец располагается не на всем измерительном пути, должен быть зарегистрирован коэффициент экстинкции фона непосредственно до и после периода калибровки.

Приборы для измерения видимости следует испытывать в периоды, когда концентрации частиц относительно низкие и устойчивые. Снижение уровня больших концентраций частиц, образующихся в туннеле в результате сжигания топлива в транспортных средствах и оборудовании для технического обслуживания туннелей, достигается проветриванием с помощью туннельной механической системы вентиляции.

Примечание — Проверки и калибровки, указанные в этом разделе, можно не проводить, если прибор видимости обеспечивает проверенные эквивалентные функции самопроверки (например, считывание аналоговых или цифровых выходов, проверки диапазона).

6.5.2 Проверка нулевой точки

Проверку нулевой точки проводят в условиях отсутствия движения и регистрируют во время проверки чувствительности прибора (см. 6.5.3).

Проверку нулевой точки необходимо проводить в условиях поздней ночи/раннего утра, когда концентрация частиц в окружающей среде обычно низка и туман не заметен.

Альтернативным методом проверки нулевой точки является построение показаний прибора за длительный период времени (≥ 1 мес) для получения оценки нулевого показания прибора.

6.5.3 Проверка точки диапазона

Процедура проверки точки диапазона должна быть следующей:

a) после установки настраивают прибор в соответствии с инструкциями по эксплуатации для стабилизации показаний. Значения должны быть выбраны таким образом, чтобы охватить диапазон ожидаемых значений для автодорожного туннеля;

b) записывают нулевое показание прибора;

c) устанавливают сертифицированный стандартный образец;

d) выполняют измерения и по истечении достаточного времени для стабилизации отклика прибора записывают показания;

e) удаляют сертифицированный стандартный образец и записывают нулевые показания прибора чтобы убедиться в отсутствии значительных изменений в показаниях нулевой точки.

f) Рассчитывают дрейф нулевой точки или точки диапазона по формуле (5).

6.5.4 Калибровка нулевой точки и точки диапазона

Перед любой регулировкой или техническим обслуживанием прибора необходимо записать показания нулевой точки и точки диапазона для контроля записей за предыдущий период.

Если дрейф нулевой точки или точки диапазона прибора превышает значения, указанные в таблице 8, или если с момента предыдущей калибровки прошло 12 месяцев (в зависимости от того, что наступит раньше), отклик прибора должен быть при необходимости скорректирован, а окончательные показания зарегистрированы.

6.5.5 Многоточечная проверка прецизионности

Многоточечную проверку прецизионности необходимо выполнять только сразу после проверки/калибровки нулевой точки и калибровки точки диапазона, как описано в 6.5.3 и 6.5.4. Процедура должна быть следующей:

a) устанавливают по крайней мере три ненулевых сертифицированных стандартных образца, соответствующих видимости, примерно на равном расстоянии друг от друга в диапазоне измерений (например, 25 %, 50 % и 75 %). При стабилизации отклика прибора записывают измеренную видимость для каждого сертифицированного стандартного образца и нулевой точки;

b) рассчитывают стандартную неопределенность оценки y по формуле (12)

$$S_{y,x} = \sqrt{\left[\frac{1}{n(n-2)}\right]\left[n\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 - \frac{[n\Sigma xy - (\Sigma x)(\Sigma y)]^2}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}\right]}, \quad (12)$$

где $S_{y,x}$ — стандартная неопределенность оценки y;

y — измеренная видимость;

x — ожидаемая видимость;

n — количество наблюдений.

Стандартная неопределенность для оценки y должна быть менее 2 % значения предела измерений (см. таблицу 8).

6.5.6 Проверка компонентов системы

Кабели, записывающие устройства, устройства обработки сигналов и обработки данных могут исказить выходные данные датчика. Проверку компонентов системы следует проводить каждые 12 месяцев, чтобы гарантировать, что передаваемые выходные данные датчика совпадают с полученными на устройстве записи. Например, если прибор дает выходной сигнал 20 мА при видимости 0,015 $м^{-1}$, то подают на систему сигнал 20 мА, чтобы убедиться, что на устройстве регистрации данных отображается значение 0,015 $м^{-1}$.

Следует убедиться, что конечный отклик сигнала находится в пределах допуска, указанного в таблице 8. Если отклик не находится в пределах допуска, определяют и устраняют причину и повторяют процедуру.

Таблица 8 — Требования к проверке и калибровке приборов для систем обзора туннелей

Параметр	Критерий	Периодичность проведения операции
Проверка нулевой точки	±2 % ПИ	≤ 6 месяцев[a]
Проверка точки диапазона	±5 % ПИ	≤ 6 месяцев[a]
Калибровка нулевой точки	±2 % ПИ	≤ 12 месяцам
Калибровка точки диапазона	±5 % ПИ	≤ 12 месяцам
Многоточечная проверка прецизионности	2 % ПИ [b]	≤ 12 месяцам
Проверка компонентов системы	±0,2 % ПИ	≤ 12 месяцам
Длина измерительного пути трансмиссометра	Неприменимо	Исходный[c]

[a] Период между проверками нулевой точки и точек диапазона может быть продлен до 12 месяцев после получения достаточных данных для подтверждения стабильности отклика прибора.

[b] Допустимый дрейф для многоточечной проверки точности определяется стандартной ошибкой оценки y (6.5.6).

[c] Повторная калибровка должна проводиться после любого технического обслуживания или изменений, которые могут повлиять на путь измерения или длину кюветы.

6.6 Техническое обслуживание

6.6.1 Общие положения

Периодичность технического обслуживания должна соответствовать таблице 9. Производители могут потребовать проведения дополнительных процедур (например, замены емкости с активированным углем и картриджей с осушителем).

Там, где требуется высокая степень сбора данных, должны быть доступны резервные или заменяющие инструменты. Подробный журнал всех проверок работоспособности и технического обслуживания должен вестись и храниться вместе с первоначальными данными о видимости. Режим технического обслуживания, рекомендованный в этом разделе, предназначен для профилактического обслуживания с рекомендуемыми минимальными компонентами и периодичностью. Если производитель предъявляет требования относительно интервалов технического обслуживания, которые превышают эти минимальные требования, они должны считаться приемлемыми, если они сопровождаются сертификатом, выданным не производителем оборудования, а организацией, отвечающей требованиям ИСО/МЭК 17025.

Примечание — В качестве альтернативных режимов можно использовать техническое обслуживание по состоянию или профилактическое техническое обслуживание, учитывая, что эти системы определяют различные компоненты.

6.6.2 Очистка оптических интерфейсов

Для поддержания уровня освещенности оптические интерфейсы следует очищать не реже одного раза в три месяца или при значительном снижении чувствительности.

6.6.3 Замена источника света

Источник света следует заменять периодически в соответствии с инструкциями по эксплуатации или при обнаружении значительной потери чувствительности.

6.6.4 Оптическая настройка трансмиссометра

Передатчик и приемник или приемопередатчик и ретрорефлектор трансмиссометра могут со временем смещаться, что требует периодической перенастройки. На это может указывать значительная потеря чувствительности, в противном случае повторную настройку следует выполнять не реже одного раза в шесть месяцев.

Таблица 9 — Текущее техническое обслуживание систем обзора туннелей

Компонент технического обслуживания	Периодичность проведения операции
Очистка оптических интерфейсов	≤ 3 месяцам
Замена источника света	Инструкции по эксплуатации
Проверка оптической настройки трансмиссометра	≤ 6 месяцам

6.7 Расчет и представление результатов

Результаты должны быть выражены в виде коэффициента экстинкции K ($м^{-1}$), или метеорологической оптической дальности M (или локальное расстояние видимости, в метрах), или непрозрачности O (%). Данные о видимости не должны выражаться в виде эквивалентной массы на единицу объема.

Отношения между различными единицами видимости приведены в формуле (13)

$$M = D/K, \tag{13}$$

где D — константа в диапазоне от 2,5 до 3,9, обычно присваивается значение 3,0.

$$O = 100(1 - e^{-KL}). \tag{14}$$

6.8 Неопределенность измерения

Неопределенность измерения метода варьируется для каждого конкретного применения. Факторы, влияющие на расширенную неопределенность, включают (но не ограничиваются ими) неопределенности, связанные с длиной волны прибора, сертифицированными стандартными образцами и допустимыми дрейфами точки диапазона и нулевой точки, а также приборами, которые варьируются в зависимости от применения. Неопределенность измерения должна определяться на основе практики отдельных организаций.

Примечание — Подходящий метод расчета неопределенности измерения приведен в Руководстве ИСО/МЭК 98-3.

7 Обеспечение и контроль качества

7.1 Общие

Мероприятия по обеспечению и контролю качества приведены в 7.2—7.4.

7.2 Рабочий журнал прибора

Необходимо вести журнал основных событий для каждого прибора, используемого для измерения скорости и направления потока или качества воздуха в автодорожных туннелях. При том, что характер этой записи может варьироваться (на месте применения/вне места, в электронном виде/в письменном виде и т. д.), концепция журнала является важной частью контроля качества показаний прибора. В журнале должны быть указаны любые важные элементы/события, которые могут повлиять на показания прибора, включая следующие:

а) дата, время начала/окончания и инициалы лица (лиц), получившего доступ к прибору;

b) краткое описание состояния оборудования и любых вопросов, которые могут повлиять на данные (например, работающий на холостом ходу грузовик, расположенный рядом с прибором, может привести к высоким значениям);

c) описание работы, выполненной на объекте (например, калибровка или ремонт прибора);

d) подробная информация о работе прибора, которая может понадобиться для ремонта или устранения неполадок;

e) любые изменения приборов;

f) результаты проверки и калибровки прибора.

Журнал предоставляет важную информацию для поиска и устранения неисправностей.

7.3 Сбор и передача данных

Целостность данных, записанных системой сбора данных для отчета, необходимо проверять ежегодно. Целостность процесса передачи данных также должна проверяться ежегодно.

Если внешний носитель данных используется в сочетании с системой мониторинга автодорожных туннелей (например, внешним регистратором данных) с преобразованием электрических сигналов (например, напряжения) в цифровые сигналы, то он подлежит ежегодной аттестации. Это необходимо для того, чтобы измерения, хранящиеся во внешней системе, находились в пределах ±0,2 % от рабочих диапазонов предела измерений (ПИ) различных приборов.

7.4 Проверка данных

Согласованность измеренных данных следует проверять ежедневно. Если обнаружена неисправность прибора, обслуживание должно быть выполнено как можно скорее.

Данные, собранные в соответствии с настоящим стандартом для протокола, должны быть проверены до его оформления. Процесс проверки данных должен состоять из анализа данных обученным персоналом с использованием критериев отбора данных для выявления возможных неверных значений (например, данные, собранные во время проверки прибора, калибровки или процедур технического обслуживания, смешанные с данными пробы).

Этот процесс следует проводить на регулярной основе с целью выявления аномалий и избегания признания недействительными больших объемов данных. Процесс проверки обычно основан на предыдущих данных или реалистично ожидаемых значениях. Если данные не соответствуют критериям отбора, должна быть проверена достоверность показаний. Отношения между различными переменными учитываются при оценке данных, поскольку другие параметры могут либо подтверждать, либо опровергать зарегистрированные значения. Обзор данных является постоянным процессом, который включает:

a) просмотр данных проверки и калибровки приборов, записанных данных и любых пометок о состоянии, которые могут повлиять на данные;

b) просмотр всех проверок, калибровок, заметок по приборам, листов технического обслуживания и журналов состояния приборов.

При проверке данных исходным допущением должно быть то, что все данные считаются достоверными, если не могут быть предоставлены доказательства или обоснованные научные принципы, подтверждающие их недействительность. Копии исходных (непроверенных) наборов данных должны храниться для целей аудита на случай, если какой-либо аспект процесса проверки будет поставлен под сомнение.

Когда допуски проверки прибора для скорости воздуха (таблица 2) или требования проверки и калибровки точки диапазона и нулевой точки для CO, NO и NO_2 (таблица 5) и видимости (таблица 8) превышены, измерения должны быть признаны недействительными. Этой точкой обычно является предыдущая проверка или калибровка, если не может быть идентифицирован какой-либо другой момент времени, связанный с вероятной причиной чрезмерного дрейфа (например, сбой питания или неисправность прибора).

Кроме того, данные, полученные после неисправности или периода бездействия прибора, должны считаться недействительными до следующей проверки или калибровки, если нескорректированные показания нулевой точки и точки диапазона при этой проверке или калибровке не могут подтвердить их достоверность.

8 Протокол проверок

Предоставляют следующую информацию:

a) ссылку на настоящий стандарт.

b) организацию-исполнителя вместе с исполнителем;

c) значения для каждого измеренного параметра, как указано ниже:

1) скорость воздуха в метрах в секунду и направление потока (по ходу движения или против него) или в любых других единицах измерения, соответствующих Международной системе единиц (СИ),

2) концентрацию любого или всех CO, NO или NO_2 в одной или нескольких из следующих единиц: млн$^{-1}$ (по объему), мг/м^3 (выраженные при стандартной температуре и 101,3 кПа) (см. 5.7) или в любых других единицах, соответствующих Международной системе единиц (СИ),

3) видимость, выраженную как коэффициент экстинкции в инверсных метрах (м$^{-1}$) (см. 6.7) или в любых других единицах, соответствующих Международной системе единиц (СИ);

d) процент достоверных данных для каждого параметра;

e) диапазон и нижний предел обнаружения прибора(ов);

f) даты, время (выраженное как местное или стандартное время) и период наблюдения.

Следует учитывать время усреднения и используемые соглашения о дате/времени. Пользователи должны убедиться, что эти параметры учитываются при применении настоящего стандарта;

g) местоположение прибора(ов) — все соответствующие подробности, включая координаты тунеля;

h) тип оборудования;

i) любые несоответствия настоящему стандарту;

j) неопределенность, связанную с измерением, а также доверительный интервал и коэффициент охвата;

k) любые другие соответствующие данные, например возникновение тумана, аварий и пожаров;

l) средние значения (например, усреднение значений за 15 мин);

m) максимальные значения (например, значения за 15 мин);

n) количество раз в день, месяц или год, когда определенные значения превышаются;

o) частотные распределения (например, средние значения за 15 мин).

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным и межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального, межгосударственного стандарта
ISO 5802	IDT	ГОСТ ISO 5802-2012 «Вентиляторы промышленные. Испытания в условиях эксплуатации»
ISO 6145	—	*
ISO 10780	—	*
ISO/IEC Guide 98-3	IDT	ГОСТ 34100.3—2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 «Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения»
ISO/IEC 17025	IDT	ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий»

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта.

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты.

Библиография

[1] AS/NZS 3580.18, Method 18: Measurement of road tunnel air quality

[2] CETU Measuring nitrogen dioxide and controlling ventilation in road tunnels, Information memo no. 26, November 2017

[3] EN 50545-1 Electrical apparatus for the detection and measurement of toxic and combustible gases in car parks and tunnels — Part 1: General performance requirements and test methods for the detection and measurement of carbon monoxide and nitrogen oxides

[4] EN 14211 Ambient air — Standard method for the measurement of the concentration of nitrogen dioxide and nitrogen monoxide by chemiluminescence

[5] EN 14626 Ambient air — Standard method for the measurement of the concentration of carbon monoxide by non-dispersive infrared spectroscopy

[6] European Parliament Directive 2004/54/EC, Minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European Road Network, 29 April 2004

[7] ISO 4224 Ambient air — Determination of carbon monoxide — Non-dispersive infrared spectrometric method

[8] ISO 5725-1 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 1: General principles and definitions

[9] ISO 7870-1 Control charts — Part 1: General guidelines

[10] ISO 7996 Ambient air — Determination of the mass concentration of nitrogen oxides — Chemiluminescence method

[11] National Fire Protection Association Standard for road tunnels, bridges, and other limited access highways, NFPA 502, 2001

[12] UK Design Manual for Roads and Bridges — Volume 2, Section 2, Part 9: Design of road tunnels, The Highways Agency/The Scottish Executive Development Department/The National Assembly for Wales/Department of the Environment for Northern Ireland, BD 78/99

[13] World Road Association (PIARC) Best Practice guide to air quality in relation to road operations, Technical Committee E2, 2019R31EN

[14] World Road Association (PIARC) Road tunnels: Vehicle emissions and air demand for ventilation, Technical Committee D5, 2019R02EN

[15] ANSI/ASHRAE Standard 41.2, Standard methods for air velocity and airflow measurement

УДК 504.3:006.354

ОКС 13.040.20
93.060

Ключевые слова: качество воздуха, автодорожный туннель, видимость, мониторинг, устройства прямого действия

Редактор *З.А. Лиманская*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 31.08.2023. Подписано в печать 13.09.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,16.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru